

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ УМЕНЬШЕННОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

При разработке новых систем автоматизированного электропривода возникают проблемы, связанные не только с повышением качества работы этих систем в статических и динамических режимах, но и с улучшением массообъемных показателей электрооборудования и повышения его энергоэффективности [1]. Особенно остры эти проблемы для автономных систем электропривода [2]. Действительно, при попытке снизить объем электрических машин и аппаратуры управления уменьшением сечения проводников, в рамках традиционных технических решений, растут сопротивления этих проводников и растут потери в меди. В докладе рассмотрены возможности разработки новых систем электропривода, в частности – автономных, с электромеханическими преобразователями со встроенной управляющей электроникой и проводниками обмоток переменного сечения, которые позволяют экономить электроэнергию и существенно снизить металлоемкость силовой части.

В работе [3] рассматриваются электроприводы с ЕС-двигателями (BLDC-двигателями) – синхронными магнитоэлектрическими двигателями, блоки электронного управления которых располагается вблизи двигателей. Их применение уменьшает потребление электроэнергии и увеличивает производительность оборудования. Однако, их электронные блоки располагаются в отдельном корпусе, соединенным с корпусом машины. В работе [4] рассмотрен электропривод для гибридного автомобиля с многополюсной асинхронной машиной, обмотка статора которой выполнена по новой технологии с малой металлоемкостью, но блоки управления электроприводом располагаются отдельно.

Далее рассмотрен пример предлагаемого исполнения интегрированной силовой части электропривода

На рис.1 показана эскизная компоновка силовой части электропривода с машиной переменного тока, проводники обмотки которой имеют переменное сечение и выполнены в виде многослойных колец над торцевыми зубцовыми поверхностями статора. Электропривод снабжен электронной системой управления и защиты. Ротор машины имеет короткозамкнутую обмотку или индуктор из постоянных магнитов, а обмотка статора – коммутируется электронными блоками. Изображены: корпус асинхронной машины 1, статор машины 2, сердечник статора 3, в пазы 4 которого уложена обмотка 5, ротор с сердечником 6 закреплен на валу 7, вращающемся в подшипниках 8. Показаны также проводники выводов фаз обмотки статора 9, с которыми соединены выводы блоков 10 управления и защиты.

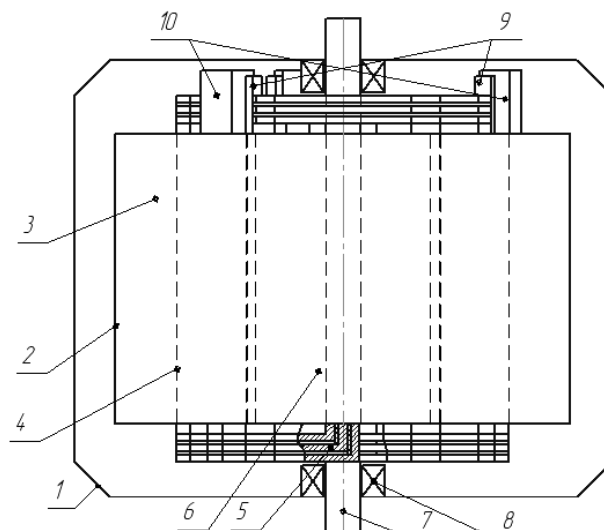


Рис. 1. Силовая часть электропривода

Расположение электронных блоков внутри корпуса машины – вблизи обмотки статора, позволяет создать единую систему охлаждения, что приводит к существенной экономии материалов.

На рис. 2 показана схема трехфазной обмотки 5, с электронным блоком управления и защиты, соответствующая эскизной компоновке, представленной на рис.1. Обозначения на схеме соответствуют [5]. Как видно, сердечник статора имеет двенадцать пазов, которые пронумерованы в центре рисунка в направлении чередования фаз. Сплошными линиями в пазах обозначены активные проводники 12 верхнего слоя обмотки, а пунктиром – активные проводники 11 нижнего слоя. На рис. 2 показаны также витковые лобовые перемычки 13, соединяющие активные проводники витков, лобовые перемычки 14, соединяющие витковые группы, а также показаны лобовые перемычки 15, соединяющие ветви фаз.

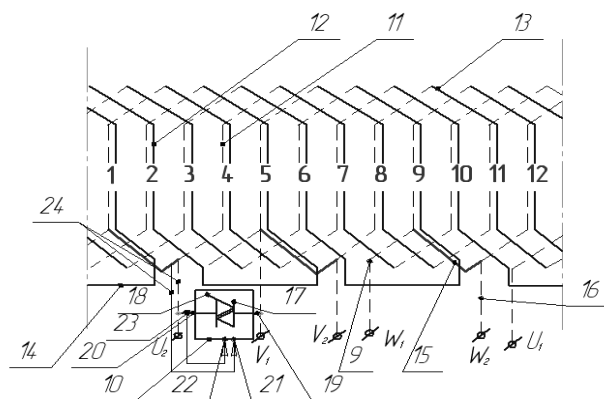


Рис. 2. Обмотка статора машины с одним из электронных блоков

Выводы фаз обмотки статора имеют следующее обозначения: начало и конец первой фазы обозначены U_1 и U_2 , начало и конец второй – V_1 , V_2 , третьей – W_1 , W_2 . Эта схема соответствует трехфазной волновой обмотке с диаметральным шагом.

Блоки 10 управления и защиты соединяют концы и начала фаз, образуя схему соединения «треугольник». Они включают симметричные тиристоры 17 с управляющими электродами 18 и имеют силовые выводы 19, 20, с которыми соединены катоды тиристоров 17. Силовые выводы 19, 20 соединены с выводами 16 фаз обмотки 5. Управляющие электроды 18 связаны с синхронизирующими входами 21, а также с входами защиты 22 блоков 10. К входам защиты 22 присоединены выходы датчиков токов 23, расположенных между силовыми выводами 20 электронных блоков и выводами концов фаз (например, U_2). Синхронизирующие входы 21 блоков 10 соединены с выходами датчиков напряжения 24, которые представляют собой последние ветви фаз обмотки 5.

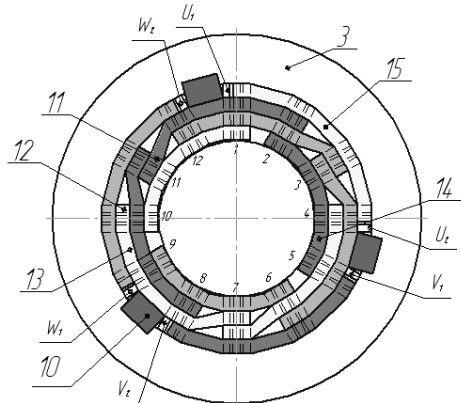


Рис. 3. Вид статора машины со стороны выводов обмотки

Таким образом, длина шин, соединяющих вентили 17 с выводами фаз обмотки, а также датчики 23, 24 с входами 21, 22 блоков управления и защиты, минимальна. Это уменьшает массу медных проводников и снижает электрические потери в машине, позволяет увеличить помехозащищенность системы управления. Для нормальной работы системы управления и защиты необходимо включить между выводами обмотки статора, по крайней мере, еще один электронный блок, аналогичный блоку, представленному на рис.2.

На рис.3. показан вид сверху активной части статора электрической машины переменного тока, проводники обмотки которой имеют переменное сечение, а схема - приведена на рис. 2. Пазы сердечника пронумерованы соответственно схеме обмотки. Лобовые части отдельных фаз выделены оттенками серого цвета.

Показаны активные проводники 11, 12 обмотки, лобовые перемычки 13, соединяющие активные проводники витков, лобовые перемычки 14, соединяющие витковые группы, а также перемычки 15, соединяющие ветви фаз.

Площади сечения лобовых перемычек 13, 14 и 15 в местах их соединения с активными проводниками 11, 12 обмотки в два раза меньше площадей поперечных сечений соединяемых проводников. Такое выполнение позволяет минимизировать объем обмотки статора машины и разместить электронные блоки управления и защиты 10 между выводами обмотки статора, над торцевой поверхностью сердечника. На рис. 3 показано расположение трех блоков управления и защиты. Третий электронный блок позволяет обеспечить резервирование и повысить надежность работы системы управления и защиты интегрированной машиновентильной системы.

Система управления и защиты описанного выше электропривода может выполнять функции управления пуском (осуществлять безударный пуск), торможением (электродинамическое торможение) и режимом реверсирования, без регулирования частоты вращения вала в рабочих режимах. Также она может осуществлять фазовое регулирование для энергосбережения и изменения в небольшом диапазоне частоты вращения вала при вентиляторном характере нагрузки, а также импульсное регулирование, – при значительной механической инерции приводимого во вращение объекта регулирования. Датчики тока необходимы для защиты двигателя от перегрузки [6].

Пространство между корпусом и сердечником статора машины позволяет разместить и электронные модули системы частотного регулирования скорости, которая позволяет обеспечить энергосберегающие режимы в широком диапазоне частот вращения электропривода [7]. Наиболее перспективны такие электроприводы для автономных объектов с напряжениями 12–115В.

Таким образом, интегрированные машиновентильные системы на базе электромеханических преобразователей, проводники обмоток которых имеют переменное сечение, позволяют создать энергосберегающие электроприводы с высоким КПД, хорошими массообъемными показателями и уменьшенной металлоемкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищенко Г.Б., Лазарев Г.Б. Развитие энергетики России. Направления инновационно-технологического развития. М.: Россельхозакадемия, 2008. – 200 с.
2. Костырев М.Л., Грачев П.Ю. Асинхронные вентильные генераторы и стартер – генераторы для автономных энергоустановок: Энергоатомиздат, 2010. – 199 с.
3. Вишневский Е. П., Малков Г. В. ЕС-двигатели: что, где, почему и зачем. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», №8, август 2011. <http://www.abok.ru>
4. Грачев П.Ю., Ежова Е.В. Электропривод переменного тока для гибридного автомобиля с многополюсной асинхронной машиной / Электроприводы переменного тока: Тр. XIII МНТК. Екатеринбург, 2005. С.271-274.
5. Пат. 2275729 РФ. Обмотка электрической машины. Н02К 3/04, Н02 17/16 / П.Ю. Грачев, Ф.Н. Сарапулов, Е.В. Ежова. 27. 04. 2006, Бюл.№12.
6. Поскробко А.А., Братолюбов В.Б. Бесконтактные коммутирующие и регулирующие полупроводниковые устройства на переменном токе. - М.: Энергия, 1978. - 190 с.
7. Браславский И.Я., ИшматовЗ.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. М.: «Академия», 2004. – 256 с.